

Análisis de riesgo ambiental y percepción del riesgo por movimientos en masa en la cuenca del río Nuevo Presidente, corregimiento de Las Mercedes– Sardinata y municipio de Tibú en el departamento de Norte de Santander, Colombia*

Edwards Jhonatan Estepa Camacho¹  , Carlos Darío Montoya Echeverri²  ,

Carlos Andrés Cuellar Manios³  , Gloria Yaneth Florez Yepes⁴  

Recibido: 21 de agosto de 2024 Aceptado: 19 de noviembre de 2024 Actualizado: 20 de marzo de 2025

DOI: 10.17151/luaz.2024.58.10

Resumen

El objetivo del análisis del riesgo ambiental asociado a los procesos de remoción en masa (PRM) es comprender la interacción entre estos fenómenos y la cobertura vegetal, así como su impacto en la percepción de la comunidad. Para ello, se combinaron métodos espaciales y técnicas cualitativas de recolección de datos, permitiendo una evaluación integral de los efectos adversos que esta interacción genera en el territorio. Además, se aplicó la metodología del Servicio Geológico Colombiano para calcular el riesgo ambiental, considerando la amenaza en cinco escalas y su relación con la vulnerabilidad ambiental, la exposición, la fragilidad y la respuesta comunitaria. Los resultados muestran que la percepción de la comunidad influye significativamente en la manera en que se enfrenta el riesgo, determinando el nivel de adopción de medidas de mitigación y planificación de estrategias preventivas. Asimismo, se identificaron vulnerabilidades estructurales y sociales que afectan la resiliencia local, lo que resalta la necesidad de fortalecer la sensibilización y capacitación en territorios con características similares. Finalmente, se concluye que la percepción del riesgo en la comunidad impulsa la creación de rutas de sensibilización que permitan fortalecer la capacidad de respuesta ante los PRM, especialmente en regiones donde la ausencia estatal, el bajo nivel educativo y los problemas de orden público agravan la situación. La participación activa de la comunidad en este proceso es clave para la efectividad de las soluciones propuestas y la conservación del entorno.

Palabras claves: movimientos en masa, vulnerabilidad ambiental, programa de sensibilización, cuenca del Catatumbo, cuenca del río Nuevo Presidente.

Environmental risk analysis and perception of risk due to mass movements in the basin of the river "Nuevo Presidente" in the village of "Las Mercedes - Sardinata" in the municipality of Tibu, departments of "Norte de Santander - Colombia"

Abstract

The objective of the analysis of environmental risk associated with mass movement processes (PRM) is to understand the interaction between these phenomena and vegetation cover, as well as their impact on community perception. To achieve this, spatial methods and qualitative data collection techniques were combined, allowing for a comprehensive evaluation of the adverse effects that this interaction generates in the territory. Additionally, the methodology of the Colombian Geological Service was applied to calculate environmental risk, considering the threat on five scales and its relationship with environmental vulnerability, exposure, fragility, and community response. The results show that community perception significantly influences how risk is addressed, determining the level of adoption of mitigation measures and the planning of preventive strategies. Structural and social vulnerabilities affecting local resilience were also identified, highlighting the need to strengthen awareness and training in regions with similar characteristics. Finally, it is concluded that the perception of risk within the community drives the creation of awareness-raising routes that strengthen response capacity to PRMs, especially in regions where the absence of state presence, low educational levels, and public order issues exacerbate the situation. Active community participation in this process is key to the effectiveness of proposed solutions and the conservation of the environment..

Keywords: mass movement, environmental vulnerability, awareness, Catatumbo basin, río Nuevo Presidente basin.

Tesaurus:

NA: Probabilidad de ocurrencia de un evento o fenómeno, producida por un elemento exógeno que depende de eventos naturales o acciones de agentes externos que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en un sistema.

Introducción

El término amenaza por movimientos en masa está dividido en dos, primero por la definición de amenaza y el segundo por el término fenómeno amenazante de movimientos en masa, los cuales están descritos así: a) amenaza, como el evento peligroso de origen natural, socio natural o social no intencional en el cual las pérdidas son físicas, ambientales, económicas y/o de vidas humanas (SGC, 2017), y b) los movimientos en masa, como todo movimiento hidrogravitacional que se observa laderas abajo (SGC, 2017).

Este fenómeno abarca toda la geografía mundial, dejando pérdidas humanas y materiales que perjudican a las comunidades que habitan, muchas veces, suelos fácilmente afectables por cuenta de los factores detonantes que lo activan, como lo probabilidad de ocurrencia de un evento o fenómeno, producida por un elemento exógeno que depende de eventos naturales o acciones de

agentes externos que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos por sismos y lluvias, determinando más de cuarenta millones de personas expuestas a nivel general (UNGRD, 2020).

A lo largo del tiempo, las amenazas por movimientos en masa se han evaluado con diversas metodologías. Zhao *et al.*, (2021) destacaron las metodologías de cálculo de riesgo por movimientos donde resaltan los métodos de bosque aleatorio, máquina de vectores de soporte (SVM, por sus siglas en inglés), red neuronal artificial (ANN, por sus siglas en inglés), la regresión logística y el proceso de jerarquía analítica (AHP, por sus siglas en inglés), donde finalmente proponen el razonamiento basado en casos especiales (CBR, por sus siglas en inglés) para el análisis de los riesgos por movimientos en masa. Por otro lado, Guo *et al.*, (2021) favorecieron un enfoque probabilístico, donde el 70 % de los datos se usan para el entrenamiento del modelo y el 30 % para la validación, eliminando la subjetividad de otros métodos. Rosser *et al.*, (2021) presentaron un enfoque general de la amenaza y el riesgo por deslizamiento, determinando la amenaza y el riesgo como conceptos iguales, donde la primera es la activación del fenómeno amenazante y el segundo se infiere como la pérdida esperada por la materialización de la amenaza. Y, finalmente, Korup (2022) describió amenazas en sistemas fluviales basado en las geomorfologías y dinámicas fluviales.

Para Bhattacharya *et al.*, (2019), Kulimushi *et al.*, (2021) y Zhao *et al.*, (2021) determinan que las metodologías de Análisis Jerárquico Priorizado (AHP, por sus siglas en inglés), determinan la practicidad de la aplicación de la AHP. Pero Kulimushi *et al.*, (2021) y Zhao *et al.*, *et al.*, (2021) determinan que la eficacia de las metodologías heurística y probabilística son excelentes para la toma de decisiones. Y, por último, Shahabi y Hashim, (2015) propusieron modelos basados en Sistemas de Información Geográfico (SIG) y teledetección, utilizando análisis jerárquico priorizado, evaluación multicriterio (SMCE, por sus siglas en inglés) y la combinación lineal ponderada (WLC, por sus siglas en inglés).

Es esencial considerar la heterogeneidad y la variabilidad climática de la Tierra, que influyen en los procesos gravitacionales. Rivas - Casarrubia, (2020) analizó la percepción de riesgo y planificación territorial en un estudio de caso en Montería, Córdoba, destacando la importancia de las características socioeconómicas, la capacidad de prevención y respuesta, y la percepción local del riesgo. Esta percepción varía en contextos rurales, donde la vulnerabilidad económica es significativa (Mendoza Martínez Enríquez 2011), y se mejora cuando los conceptos técnicos se comunican en lenguaje sencillo (Rivas - Casarrubia, 2020).

La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), (2022) creó una plataforma que registra movimientos en masa a nivel mundial, aunque aún incompleta (<https://science.nasa.gov/citizen-science/landslide-reporter/>). En Colombia, el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA)SGC 20 cumple esta función (<https://simma.sgc.gov.co/#/>). Una demostración es la vía Chagualá-Calarcá en el departamento del Quindío (Rodríguez Mejía *et al.*, 2019), y la cuenca del Catatumbo en Norte de Santander, donde el análisis de riesgos es limitado y se realiza a escalas de 1:100,000 (plancha 77 del Servicio Geológico Colombiano).

La cuenca del río Catatumbo, alimentada por diversas corrientes hídricas, pertenece a una región con mucho potencial turístico, dados los climas cálidos que permiten el disfrute de actividades de ocio. También es una zona históricamente agrícola y ganadera. No obstante, la recurrente falta de

presencia estatal en la región la hizo propicia para que grupos armados ilegales y narcotraficantes la volvieran un foco de violencia generalizada y de desplazamiento por el conflicto armado (Fundación Paz y Reconciliación, 2016). Aunado a esto, la pobreza estructural de la región, con bajos índices de capacidades económicas, es altamente vulnerable a fenómenos naturales, como avenidas torrenciales, remociones en masa e inundaciones. La cuenca del río Nuevo Presidente, que brinda el recurso hídrico a los municipios de Tibú y Sardinata (Norte de Santander), se ve notablemente afectada por el fenómeno de remoción en masa, el cual es la base para el proyecto de investigación. Este sector geográfico no tiene estudios profundos en materia de conocimiento del riesgo, mucho menos de reducción y manejo, debido al alto impacto de la violencia generada en el sector, haciendo más difícil la recolección de datos confiables que permitan, tanto a las autoridades estatales como a las humanitarias, tomar decisiones a nivel institucional (Fundación Paz y Reconciliación, 2016).

El riesgo ambiental asociado al fenómeno amenazante y su repercusión en el imaginario colectivo conlleva a la sensibilización de la comunidad en futuras aproximaciones o para proyectos análogos en regiones similares. El cálculo de riesgo ambiental se realizó en dos fases primordiales; la primera en lo estipulado en la *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000*, descrita por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), donde los ítems a seguir son: las subunidades geomorfológicas, unidades geológicas superficiales, coberturas vegetales, pendientes y modelado digital de elevación de la zona de estudio, y en la segunda se interactúa con el registro histórico de los detonantes de PRM (sismos y lluvias), con herramientas de Sistemas Información Geográfica (SIG); donde la amenaza por movimientos en masa se calcula mediante una ecuación ponderada que integra componentes como la precipitación, la sismicidad (Estepa y Paz 2021) y factores condicionantes como la pendiente, la litología y la cobertura del suelo, y que al final se matiza en cinco escalas posibles el nivel de amenaza (muy baja, baja, media, alta y muy alta), relacionando la vulnerabilidad ambiental con los elementos como exposición, fragilidad y respuesta de la comunidad.

Este proyecto puede servir para futuros estudios en regiones similares, enriqueciendo el acervo del Comité Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres (CMGRD) de los municipios de Tibú y Sardinata, y mejorando la toma de decisiones. Además, propone zonificar el riesgo ambiental en la cuenca estudiada mediante SIG, sugiriendo medidas de mitigación y/o prevención para mejorar la Gestión de Riesgos de Desastres (GRD) y sensibilizar a una población marginada. Esta metodología puede replicarse en territorios con condiciones similares y déficits de institucionalidad y gobernanza.

Materiales y métodos

Para calcular el riesgo ambiental por movimientos en masa, se debe empezar con el cálculo de la susceptibilidad por este fenómeno amenazante, basado en la *Guía metodológica para escalas numéricas 1:25.000* (SGC, 2017). Este proceso utiliza herramientas SIG para realizar la zonificación, que requiere los siguientes ítems: a) las capas de subunidades geomorfológicas, b) las unidades geológicas superficiales (UGS), c) las coberturas vegetales, d) las pendientes y e) el modelo digital de elevación. Todas estas capas fueron procesadas en formato ráster. Con estos insumos, se realiza el procesamiento de las capas temáticas, obteniendo como resultado el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en 5 escalas cualitativas diferentes (muy baja, baja, media, alta y muy

alta), donde se procede a trabajar con el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa realizado por Estepa y Paz⁵ (2021).

Posteriormente, se analiza la influencia de los detonantes “lluvias y sismos”. Para el detonante “lluvia”, se cuenta con un inventario cronológico de las estaciones pluviométricas, con registros mensuales de precipitación. Se propone hacer una estimación del umbral mínimo de precipitación que puede detonar un movimiento en masa. El umbral mínimo de precipitación, según el método del SGC, se calcula analizando la relación entre eventos históricos de deslizamientos y la precipitación acumulada en diferentes periodos de tiempo (SGC, 2017). A partir de estos datos, se traza una curva en un gráfico de dispersión que separa las condiciones de lluvia que han detonado deslizamientos, de aquellas que no lo han hecho. El umbral mínimo corresponde a la cantidad de precipitación acumulada más baja capaz de desencadenar un movimiento en masa, y se valida con eventos recientes para asegurar su precisión y aplicabilidad (SGC, 2017).

Cabe resaltar que no siempre se detona un fenómeno amenazante con los umbrales mínimos. Para el detonante “sismo”, se deben compilar los reportes históricos sobre el área de estudio y su relación con los movimientos en masa, verificando si un evento sísmico ha detonado un PRM. En caso de no poder hacer esa verificación, se ajustaría la metodología a una descripción cualitativa de los fenómenos sísmicos en el área de estudio (SGC, 2017).

A partir de los análisis especializados de precipitación y sismicidad, es posible establecer una relación con la zonificación de susceptibilidad, permitiendo obtener el plano temático de amenaza por movimientos en masa, clasificado en tres categorías: alta, media y baja. Cada categoría de amenaza determina la relación de las regiones desfavorables de los factores condicionantes, como las UGS de mala y regular calidad, las pendientes superiores a 35°, la escasez de coberturas vegetales con grandes raíces, la presencia de movimientos en masa antiguos, las altas precipitaciones acumuladas en 72 h y la probabilidad de que ocurra un sismo, lo cual evidencia una amenaza de categoría alta. A medida que se mejoren los factores condicionantes mencionados, disminuirá la probabilidad de ocurrencia del evento.

Con el método de superposición temática (SGC, 2017) se pueden estimar los elementos expuestos a la amenaza alta y media, identificando los diferentes tipos de coberturas vegetales afectadas y su relación con la cuenca.

La investigación plantea el análisis de la vulnerabilidad ambiental, soportado en los indicadores propuestos por Vera Rodríguez y Albarracín Calderón (2017). El modelo conceptual enmarca variables como la exposición, fragilidad y capacidad de adaptación y respuesta, que inciden en la vulnerabilidad. Para este trabajo, se toma la variable fragilidad, es decir, la vulnerabilidad por fragilidad ambiental.

Para determinar el componente de vulnerabilidad por fragilidad ambiental, con énfasis en coberturas vegetales (ver Tabla 1), se toman patrones de medición y a su vez para estos se generarán unos criterios de evaluación. Lo anterior, se evalúa mediante la ecuación:

$$Va = (Cus * 0.33) + (Nf * 0.33) + (Vtpps * 0.33)$$

Donde:

Va : Vulnerabilidad ambiental.

Cus: Conflicto por uso del suelo.

Ndf: Niveles de deforestaciones.

Vtpps: Variaciones de temperatura, precipitación, pérdida de suelo.

Tabla 1. Metodología para análisis de la vulnerabilidad por fragilidad ambiental con énfasis en coberturas vegetales

Criterio	Descripción
Conflicto por uso del suelo	Área en conflicto > 40 %, vulnerabilidad alta (3 puntos). Área en conflicto 20,1 a 40 %, vulnerabilidad media (2 puntos). Área en conflicto < 20 %, vulnerabilidad baja (1 punto).
Nivel de deforestación	Coberturas boscosas < 20 %, vulnerabilidad alta. Coberturas boscosas entre 20,1 a 50 %, vulnerabilidad media. Coberturas boscosas >50 %, vulnerabilidad baja.
Variaciones de temperatura, precipitación, pérdida de suelo	Impacto estimado alto, vulnerabilidad alta. Impacto estimado medio, vulnerabilidad media. Impacto estimado bajo, vulnerabilidad baja.

Nota. Adaptado de Vera Rodríguez y Albarracín Calderón (2017)

Según los criterios de la Tabla 1, se deduce que, a mayor conflicto por el uso del suelo, menor cobertura boscosa y mayores cambios de temperatura y precipitación: se estima una vulnerabilidad alta. En caso contrario, se determinaría una vulnerabilidad baja.

En el corregimiento de Las Mercedes, en el municipio de Sardinata y la parte rural del municipio de Tibú, es crucial hacer un llamado a las comunidades aledañas para que conozcan los riesgos asociados a las amenazas recurrentes. Es posible evaluar la percepción de riesgo en términos educativos y económicos, aunque no en cuanto a tipologías de viviendas, ya que las estructuras pueden adaptarse a fenómenos como inundaciones, pero no a movimientos en masa.

La gestión comunitaria del riesgo es factible si las personas, sin apoyo de entes gubernamentales tradicionales, logran desarrollar planes o programas barriales inclusivos. Una experiencia similar se evidenció en Medellín (Flórez et al., 2020) donde la comunidad estableció parámetros para disminuir índices de vulnerabilidad social, sin la intervención de planeación de la época.

Para la percepción del riesgo en la zona de estudio, se consideraron conocimientos previos, alcance de la amenaza, ubicación de la vivienda frente a corrientes hídricas, relación de la comunidad con el desastre y percepción de seguridad ciudadana frente al desastre, mediante preguntas cerradas y abiertas en un cuestionario. La percepción y el conocimiento de las amenazas naturales y antrópicas, así como la preparación de las comunidades para enfrentarlas, constituyen pilares fundamentales

en la gestión de riesgos. Este estudio incluyó una evaluación detallada para identificar el grado de comprensión que tienen los habitantes sobre las amenazas de origen natural y antrópico en su entorno, así como su familiaridad con las normativas relacionadas con la gestión de riesgos y desastres. Se exploró si los participantes podían reconocer las principales amenazas presentes en su región, describiendo tanto su naturaleza como los impactos potenciales sobre su comunidad.

Además, se indagó sobre la percepción de vulnerabilidad individual y colectiva frente a estas amenazas, analizando si los habitantes consideraban que su comunidad estaba expuesta o si sentían abandono por parte del Estado en la atención de estas problemáticas. En paralelo, se examinó la participación en programas de sensibilización, determinando si estas actividades habían generado impactos positivos en sus prácticas cotidianas.

Otro aspecto relevante fue la evaluación de cambios en el estilo de vida de los encuestados, especialmente aquellos asociados con la inseguridad y los conflictos sociales, y su posible relación con las amenazas identificadas. Se profundizó en las condiciones de inclusión de las minorías étnicas –especialmente comunidades indígenas– en la gestión de emergencias, evaluando el nivel de atención y asistencia humanitaria recibida, desde una perspectiva diferencial.

Por último, se abordaron factores estructurales que influyen en la preparación comunitaria, como el acceso a vías y transporte, la proximidad a cuerpos hídricos y las capacidades adquiridas mediante capacitaciones en primeros auxilios y manejo de emergencias. Este enfoque integral permitió construir una matriz de análisis que relaciona las percepciones comunitarias con las condiciones reales de vulnerabilidad, promoviendo así recomendaciones ajustadas a las necesidades locales.

El análisis de estos factores no solo facilita la identificación de áreas prioritarias para intervención, sino que también refuerza la importancia de estrategias participativas en la gestión del riesgo, donde las comunidades no son solo receptoras de políticas, sino actores clave en la construcción de resiliencia.

El corregimiento de Las Mercedes en Sardinata, donde se presentan PRM en la cuenca del río Nuevo Presidente, podría beneficiarse de un plan de sensibilización para las comunidades afectadas por el riesgo. La educación popular puede incitar a la ciudadanía a hacerse cargo de su territorio si el Estado no interviene. En este caso, se habla de una dimensión del conocimiento en GRD mediante cuestionarios sobre la percepción del riesgo, adaptando la metodología de Rivas Casarrubias (2020).

La metodología de Morí Sánchez (2008) para la intervención en psicología comunitaria, permite implementar herramientas cualitativas y participativas en ocho fases secuenciales, desde el diagnóstico comunitario hasta la evaluación final y la disseminación de resultados.

Entre los insumos de la presente investigación, se tiene el resultado de la susceptibilidad por movimientos en masa generado por Estepa y Paz (2021), 1054 datos de precipitación de las estaciones de Campo Tres, El Jordán, Las Mercedes y San Gil (que se encuentran en la cuenca de estudio), y 6 registros sísmicos entre los municipios de Sardinata y Tibú (situados entre el año 1950 y 1981). Para el detonante “lluvia”, se calcula la precipitación promedio por estación y se deriva el mapa de isoyetas de la cuenca con la herramienta SIG. Para el detonante “sismo”, se usa el mapa sísmico del SGC debido a la falta de registros suficientes en la región. Según la metodología del SGC (2017), con el software especializado se obtiene el mapa de amenazas.

Con el mapa de amenazas, se realiza una interpolación con las coberturas vegetales procesadas, según la metodología Corine Land Cover (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2010). Se observan los elementos expuestos y se calcula el nivel de deforestación, el conflicto del uso de suelo y las variaciones de temperatura y precipitación, como lo determinan Vera Rodríguez y Albarracín Calderón, (2017).

En el mapa de riesgos para la cuenca se realiza el cruce temático a partir del mapa de álgebras entre las amenazas por movimientos en masa y la vulnerabilidad ambiental, mediante la fórmula estándar:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

A partir del resultado del mapa de riesgo ambiental se realizan cuestionarios a la población del corregimiento de Las Mercedes para determinar la percepción de riesgo frente al fenómeno amenazante y compararlo con los resultados del mapa. Basado en las tabulaciones y comparaciones, se planteará la ruta de sensibilización para futuros proyectos en zonas de trabajo similares.

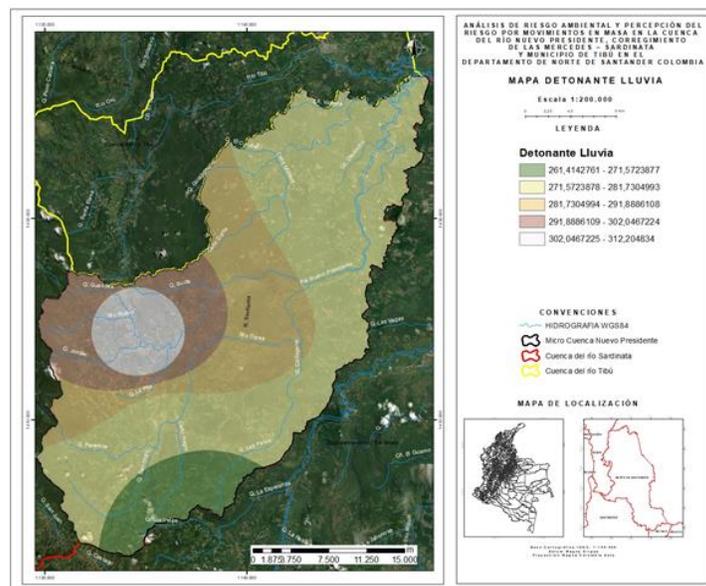
Resultados

Riesgo ambiental por movimientos en masa

De acuerdo con su ubicación geográfica, la cuenca del río Nuevo Presidente, por estar en la cordillera Oriental –la cual presenta un proceso de orogenia activa– genera diferentes procesos sísmicos de alta intensidad, conllevándola a una categorización de sismicidad alta según el mapa del (SGC, 2015)

La [Figura 1](#) determina una concentración máxima de lluvias en la estación de Las Mercedes y disminuye proporcionalmente hacia los extremos de la cuenca.

Figura 1. Mapa del detonante lluvia en mm de precipitación para la cuenca

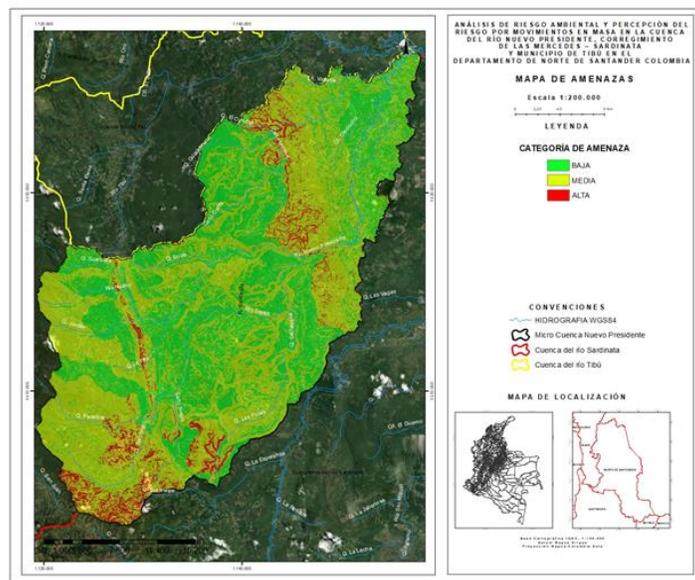


Hacer click sobre la imagen para ampliarla

Nota. La base cartográfica es del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 100.000, con Datúm Magna Sirgas; Proyección Magna Colombia Este.

En la [Figura 2](#) se infiere que la amenaza alta se presenta en la parte suroriental de la cuenca, en contacto con el corregimiento de La Mercedes y así esta amenaza se visualiza en la parte alta de la cuenca. continuando con dispersiones de amenaza media por toda la cuenca, al igual que la amenaza baja.

Figura 2. Mapa de amenaza por movimientos en masa de la cuenca

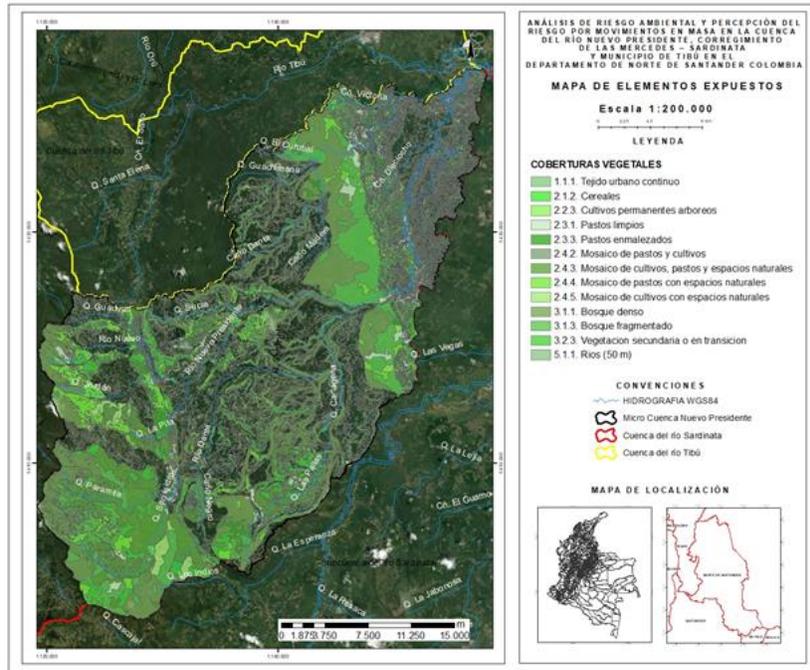


Hacer click sobre la imagen para ampliarla

Nota. La base cartográfica es IGAC. 100.000, con Datúm Magna Sirgas; Proyección Magna Colombia Este.

En la [Figura 3](#) se evidencia las coberturas vegetales de la cuenca que son afectadas por los movimientos en masa, donde principalmente son afectados las coberturas como los cereales, cultivos, pastos limpios, pastos enmalezados, mosaicos de pastos y cultivos.

Figura 3. Mapa de elementos expuestos de la cuenca

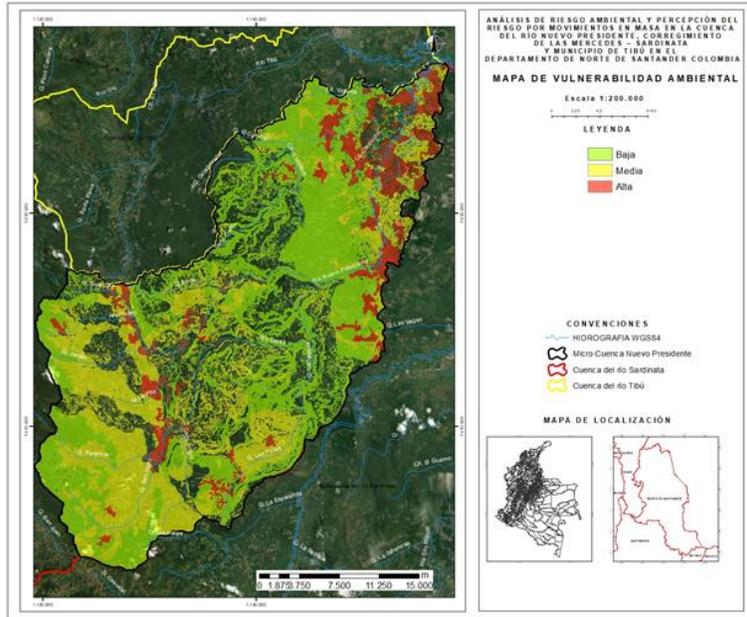


Hacer click sobre la imagen para ampliarla

Nota. La base cartográfica es IGAC. 100.000, con Datúm Magna Sirgas; Proyección Magna Colombia Este.

En la **Figura 4** se identifica la vulnerabilidad de las diferentes especies forestales, determinando una heterogeneidad en toda la cuenca. En la parte de la cuenca media se evidencia una vulnerabilidad baja; en la parte media de la cuenca, una vulnerabilidad media; y la vulnerabilidad alta se evidencia dispersa en la parte baja de la cuenca y en cercanías a Las Mercedes.

Figura 4. Mapa de vulnerabilidad ambiental de la cuenca

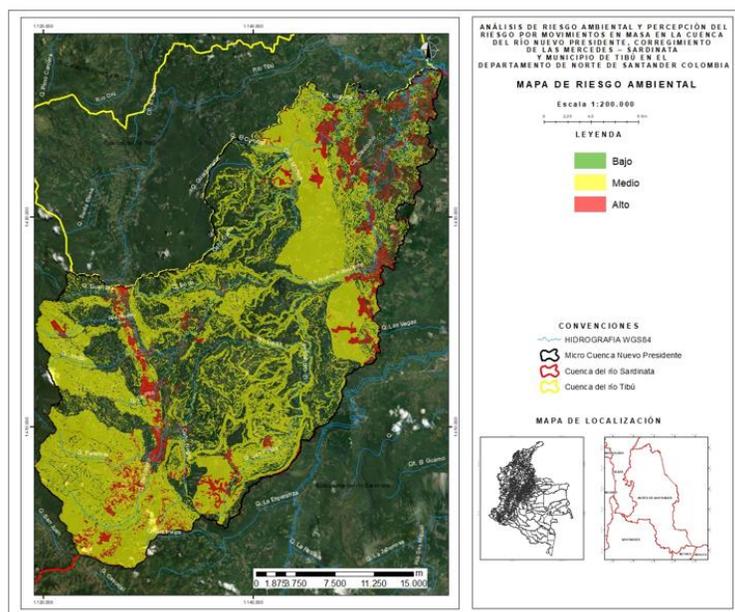


Hacer click sobre la imagen para ampliarla

Nota. La base cartográfica es IGAC. 100.000, con Datúm Magna Sirgas; Proyección Magna Colombia Este.

En la Figura 5 se muestra una predominancia de riesgo ambiental medio asociado a movimientos en masa, con áreas de riesgo alto localizadas de manera dispersa, principalmente en las cercanías del corregimiento de Las Mercedes y en la cuenca baja.

Figura 5. Mapa de riesgos de la cuenca



Nota. La base cartográfica es IGAC. 100.000, con Datúm Magna Sirgas; Proyección Magna Colombia Este.

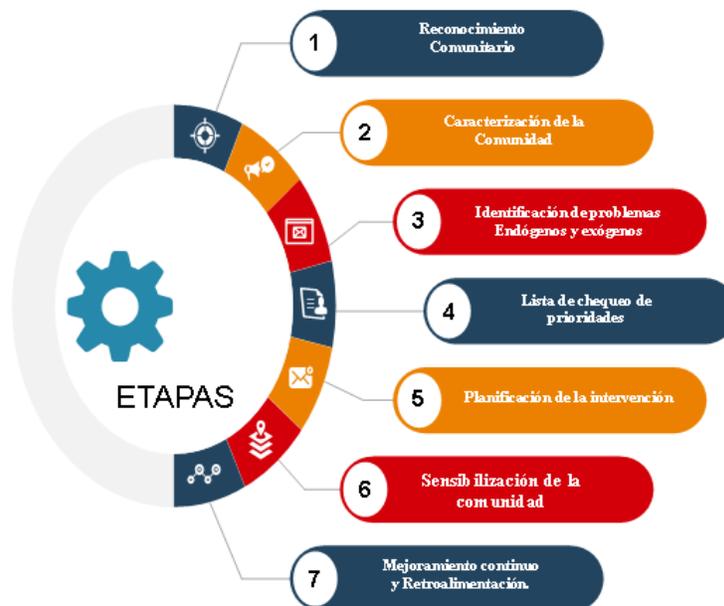
Percepción del riesgo

De acuerdo con el interrogante ¿Conoce amenaza de origen natural? se obtiene un notable conocimiento de amenazas de origen natural más recurrentes en la terminología de GRD, con 77 % de aceptación en la zona; por otro lado, se observa un incipiente conocimiento frente a la normatividad en GRD (20 %).

Adicionalmente, se refleja una baja participación de la comunidad en términos de sensibilización frente a los riesgos de desastres, con un 28% de las respuestas afirmativas, conllevando a una tendencia de tres cuartas partes de los encuestados con respuestas afirmativas frente a la percepción de vulnerabilidad ante amenazas en la zona. Aunado a lo anterior, se observa una notable tendencia en los ciudadanos al percibir entes estatales poco preocupados frente a la toma de decisiones en momentos donde se materializan las amenazas de la zona.

Basado en lo anterior, se obtiene el siguiente esquema propuesto según Morí Sánchez, (2008). En esta [Figura 6](#) se encuentran enumeradas en orden jerárquico las etapas que rigen la ruta de sensibilización propuestas por el autor para una adecuada capacitación a la comunidad en GRD.

Figura 6. Orden jerárquico de las Etapas de la ruta de sensibilización



Nota. Adaptado por los autores, teniendo en cuenta a Morí Sánchez , (2008).

Discusión

Riesgo ambiental

La cuenca del río Nuevo Presidente exhibe una alta sismicidad, probablemente debido a la significativa deformación continental activa. Esta situación es producto de la interacción entre las placas tectónicas Sudamericana, Caribe y Nazca (Taboada, Dimate, and Fuenzalida *et al.*, 1998), o que ha generado diversas estructuras geológicas, como fallas, distribuidas a lo largo del territorio colombiano. Estas fallas, tanto activas como inactivas, son predominantes en la cordillera Oriental, donde su actividad reciente aumenta la propensión a fenómenos sísmicos. El Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2022a) corrobora esta alta amenaza sísmica en la cuenca, derivada de un análisis matemático exhaustivo del registro sísmico.

La Figura 1 revela que la mayor concentración de precipitación se encuentra en el corregimiento de Las Mercedes. Los registros indican que una precipitación acumulada igual o superior a 204 mm diarios es suficiente para desencadenar movimientos en masa en esta zona, aunque es importante destacar que la susceptibilidad también depende de la calidad geológica de los materiales rocosos y las condiciones del suelo.

Integrando las variables de precipitación, sismicidad y susceptibilidad a movimientos en masa, se obtuvo un mapa de amenaza mediante SIG (ver Figura 2). Este mapa muestra que la probabilidad de ocurrencia de amenazas en la cuenca es del 38,96 % para categoría baja, 56,16 % para media y 4,87 % para alta. Las áreas de amenaza media están asociadas con alta sismicidad y precipitaciones acumuladas de alrededor de 200 mm en 72 h, en combinación con la moderada calidad de areniscas de la formación Aguardiente, calizas de la formación Tibú-Mercedes, y lodolitas y cherts de la formación La Luna (Estepa y Paz, 2021). Por otro lado, las áreas de amenaza alta presentan las mismas condiciones detonantes (lluvia y sismo), pero con rocas de muy mala calidad, como las lodolitas de las formaciones Chipaque y Colón-Mito Juan, y la variada topografía de la cuenca.(Estepa y Paz, 2021).

Los elementos expuestos, como se observan en la Figura 3, fueron todos aquellos que quedaron entre la interceptación de la amenaza alta y media, estos elementos se enumeran de acuerdo con su código y nombre, de acuerdo con la metodología Corin Land Cover (IDEAM, 2010), como sigue:

- 1.1.1. Tejido urbano continuo.
- 2.1.2. Cereales.
- 2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos.
- 2.3.1. Pastos limpios.
- 2.3.3. Pastos enmalezados.
- 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos.
- 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.
- 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales.
- 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales.
- 3.1.1. Bosque denso.
- 3.1.3. Bosque fragmentado.
- 3.2.3. Vegetación secundaria o en transición.
- 5.1.1. Ríos (50 m).

Aplicando la metodología de Vera Rodríguez y Albarracín Calderón, (2017), como se evidencia en la Figura 4 se determinó que las coberturas más vulnerables a movimientos en masa son el tejido urbano continuo, los cultivos de cereales, los cultivos permanentes arbóreos y los pastos debido a su anclaje superficial y limitada resistencia a deslizamientos. En contraste, los bosques densos y fragmentados presentan baja vulnerabilidad gracias a sus raíces profundas y entrelazadas, mientras que las coberturas con vulnerabilidad media incluyen los mosaicos de cultivos y vegetación secundaria, con raíces moderadamente profundas.

Con el mapa de amenazas y la vulnerabilidad ambiental se calculó el riesgo ambiental predominante en la cuenca, como se evidencia en la Figura 5, el cual resulta mayormente medio (87,36 %), seguido de alto (11,57 %) y bajo (1,06 %). La posibilidad de un movimiento en masa profundo podría modificar drásticamente las coberturas del sector, creando áreas inhabitables y desérticas, y generando avenidas torrenciales.

Percepción del riesgo

En cuanto a la percepción del riesgo, se observa que los encuestados (grupo de experimentación) tienen un conocimiento básico de las amenazas, con una tendencia a considerar las amenazas de origen antrópico como más determinantes en sus vidas que las naturales. Esto se debe a su exposición a dinámicas del conflicto armado, aunque persiste un desconocimiento considerable de la normativa relacionada con la gestión del riesgo de desastres.

Las respuestas reflejan un desconocimiento de los factores que desencadenan los movimientos en masa, a pesar de haber experimentado daños en sus viviendas. Además, existe una desconfianza generalizada en el Estado para atender emergencias de manera oportuna, lo cual se atribuye a la distancia entre las zonas rurales y los centros urbanos, la presencia de grupos armados y las dificultades de acceso terrestre durante todo el año. La población indígena también enfrenta estos desafíos, sin que se perciban desequilibrios significativos en su atención. El abandono estatal es evidente en este grupo, exacerbando las problemáticas económicas y sociales, especialmente en las áreas rurales alejadas.

Sensibilización

La sensibilización frente a programas de GRD en la población se consigna en bajos guarismos, dando a entender que la falta de tiempo –por las circunstancias particulares de la zona– impide tener educación básica sobre las amenazas y riesgos de manera adecuada. A partir de este análisis, se propone una ruta de sensibilización básica para la comunidad, enfocada en los fenómenos amenazantes identificados. Esta ruta se desglosa en siete etapas, comenzando con el reconocimiento comunitario, que facilita la relación entre el investigador y la comunidad a través de técnicas como cuestionarios, encuestas, entrevistas y observación. Esto permite recolectar datos cualitativos y cuantitativos, que se utilizarán en la etapa de caracterización de la comunidad para establecer indicadores y definir los problemas principales utilizando diagramas como el de Ishikawa para la lista de chequeo de prioridades, como lo orientan González González, R. y Jimeno Bernal, (2012).

En la planificación de la intervención es fundamental estructurar actividades que permitan alcanzar los objetivos propuestos, aunque no se consideren elementos financieros para su ejecución. La ficha de caracterización (Ver Figura 6) es una herramienta clave para recopilar información de alta

confiabilidad sobre el conocimiento previo, entorno, nivel educativo y disposición de la comunidad para recibir sensibilización.

Conclusiones

La cuenca del río Nuevo Presidente se destaca por una alta sismicidad, atribuida a la compleja interacción entre las placas tectónicas Sudamericana, Caribe y Nazca. Esta actividad tectónica genera estructuras geológicas activas que incrementan la vulnerabilidad sísmica de la región. El análisis realizado evidencia la influencia determinante de estas fuerzas tectónicas sobre la geodinámica regional, confirmando que las fallas activas en la cordillera Oriental son cruciales en la generación de eventos sísmicos, que, combinados con las características geológicas locales, amplifican la amenaza sísmica en la cuenca.

La distribución espacial de la precipitación, especialmente en zonas como el corregimiento de Las Mercedes, juega un papel clave en la generación de movimientos en masa. Se concluye que una precipitación diaria acumulada superior a 204 mm es suficiente para desencadenar deslizamientos, particularmente en áreas con materiales geológicos de baja resistencia. Este umbral crítico subraya la necesidad de un monitoreo continuo y preciso de las lluvias para anticipar y mitigar estos riesgos.

El mapeo de amenazas realizado mediante SIG permitió identificar zonas con diferentes niveles de amenaza, destacando la importancia de la geología local en la predisposición a eventos peligrosos. La combinación de una alta sismicidad y precipitaciones significativas, junto con la calidad geológica de las formaciones rocosas, define la distribución espacial de las amenazas en la cuenca. Las formaciones con materiales menos consolidados como lodolitas y arcillolitas son especialmente propensas a movimientos en masa, lo que requiere intervenciones específicas en estas áreas para reducir el riesgo.

Los elementos expuestos en la cuenca, como zonas urbanas y cultivos, muestran diferentes niveles de vulnerabilidad a los movimientos en masa, determinados en gran parte por la cobertura vegetal y las características del suelo. La percepción del riesgo entre la población local es limitada y está influenciada por factores sociopolíticos más que por la comprensión de los riesgos naturales. La desconexión entre el conocimiento de los riesgos y la confianza en las instituciones estatales subraya la necesidad de estrategias de sensibilización que aborden estas percepciones y fortalezcan la capacidad comunitaria para responder a desastres.

La investigación sugiere que la sensibilización comunitaria debe ser una prioridad, integrando metodologías participativas y herramientas pedagógicas adaptadas a las necesidades locales. La propuesta de una ruta de sensibilización en siete etapas tiene el potencial de mejorar la comprensión de los riesgos naturales y fomentar una cultura de prevención. Además, se concluye que es fundamental que las autoridades promuevan la educación ambiental y la gestión del riesgo, con un enfoque en el desarrollo sostenible que permita a las comunidades coexistir de manera armónica con su entorno natural.

Los hallazgos del estudio destacan la necesidad de una planificación territorial que considere de manera integral los riesgos geológicos y climáticos. La cartografía detallada de la cuenca proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas que puedan mitigar los riesgos

y promover un uso del suelo más sostenible. En este sentido, es esencial que las políticas de ordenamiento territorial incluyan la restauración y conservación de los ecosistemas, así como la regulación de actividades económicas que exacerban la vulnerabilidad ambiental, como la minería artesanal y la expansión agrícola descontrolada.

Referencias

- Bhattacharya, R. K., Das Chatterjee, N., & Das, K. (2019). Multi-criteria-based sub-basin prioritization and its risk assessment of erosion susceptibility in Kansai–Kumari catchment area, India. *Applied Water Science*, 9(4). <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0954-4>
- Estepa, E., & Paz, P. (2021). Análisis de la susceptibilidad por procesos de remoción en masa en la cuenca del Río Nuevo Presidente, Corregimiento Las Mercedes -Sardinata y Municipio de Tibú en el Departamento Norte de Santander, Colombia. 1-62.
- Flórez, L. A. R., Gaviria, E. M. R., Castañeda, C. A. V., Tenjo, H. P. G., & Madrigal, A. R. (2020). Community risk management. Spatial and environmental justice. *Bitacora Urbano Territorial*, 30(3), 205-217. <https://doi.org/10.15446/BITACORA.V30N3.87769>
- Fundación Paz & Reconciliación. (2016). El concepto de “postconflicto” desconoce dolorosas realidades. <https://www.pares.com.co/post/el-concepto-de-postconflicto-desconoce-dolorosas-realidades>
- González González, R y Jimeno Bernal, J. (2017). Ckeck list / Listas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo?. <http://www.pdcahome.com/check-list/>.
- Guo, Z., Shi, Y., Huang, F., Fan, X., & Huang, J. (2021). Landslide susceptibility zonation method based on C5.0 decision tree and K-means cluster algorithms to improve the efficiency of risk management. *Geoscience Frontiers*, 12(6). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101249>
- IDEAM, I. de H. y M. y E. A. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000. En *Area: Vol. TH-62-04-1 (Número 257)*.
- Korup, O. (2022). 6.23 - Landslides in the Fluvial System. En J. (Jack) F. Shroder (Ed.), *Treatise on Geomorphology (Second Edition) (pp. 430-445)*. Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12026-3>
- Kulimushi, L. C., Choudhari, P., Maniragaba, A., Elbeltagi, A., Mugabowindekwe, M., Rwanyiziri, G., Byizigiro, R. V., Pingale, S. M., & Singh, S. K. (2021). Erosion risk assessment through prioritization of sub-watersheds in Nyabarongo river catchment, Rwanda. *Environmental Challenges*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100260>
- Mejía, R., Castelblanco, B., Acevedo, C., Henao, S., Augusto, C., Mejía1, R., Esteban, D., Castelblanco2, B., Acevedo3, A. C., Mishell, D., & Henao4, S. (2019). Risk evaluation for mass removal movements activated by pre-cipitation processes, case study at Chagualá road-Quindío. 31, 7-14.

- Mendoza Martinez, H. (2011). El concepto de pobreza y su evolución en la política social del gobierno mexicano. En *Estudios Sociales* (Vol. 19, Número 37).
- Morí Sánchez, M. D. P. (2008). Una propuesta metodológica para la intervención comunitaria.
- NASA. (2022). Landslide Reporter. https://maps.nccs.nasa.gov/apps/landslide_reporter/.
- Rivas- Casarrubia, J. D. (2020). Vista de Indicadores de vulnerabilidad social como herramienta de planificación y gestión de riesgos ambientales en Colombia. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/2024/1778>
- Rivas - Casarrubia, J. D. (2020). Indicadores de Vulnerabilidad Social como Herramienta de Planificación y Gestión de Riesgos Ambientales en Colombia. 14-1, 41-55.
- Rosser, N., Kincey, M., Oven, K., Densmore, A., Robinson, T., Pujara, D. S., Shrestha, R., Smutny, J., Gurung, K., Lama, S., & Dhital, M. R. (2021). Changing significance of landslide Hazard and risk after the 2015 Mw 7.8 Gorkha, Nepal Earthquake. *Progress in Disaster Science*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2021.100159>
- SGC. (2015). PLANCHA 67-TIBÚ MEMORIA EXPLICATIVA. <https://n9.cl/zvohx>
- SGC. (2017). Guía Metodológica Para La Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa Escala 1: 25.000. www.imprensa.gov.co
- SGC. (2022a). Sistema de Consulta de la Amenaza Sísmica de Colombia. <https://n9.cl/r74cr>
- SGC. (2022b). Sistema de Información de Movimientos en Masa - SIMMA.
- Shahabi, H., & Hashim, M. (2015). Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. *Scientific Reports*, 5. <https://doi.org/10.1038/srep09899>
- Taboada, A., Dimate, C., & Fuenzalida, A. (1998). Sismotectónica de Colombia: deformación continental activa y subducción. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 10, 110-147.
- UNGRD. (2020, agosto 19). Riesgo por movimientos en masa en Colombia. <https://n9.cl/m71hh>
- Vera Rodríguez, J. M., & Albarracín Calderón, A. P. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 109-136. <https://doi.org/10.18359/rcin.2309>
- Zhao, Z., Chen, J., Xu, K., Xie, H., Gan, X., & Xu, H. (2021). A spatial case-based reasoning method for regional landslide risk assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102381>

*Artículo de investigación.

1 Mg Cambios Globales y Riesgos de Desastres.. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia. edwards.estepa@uptc.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1577-7050>. Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=SHqQcbMAAAAJ>

2 Mg Cambios Globales y Riesgos de Desastres. Universidad Católica de Manizales, Colombia. carlosmontoya@ucm.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-6387-1714>. Google Scholar: https://scholar.google.es/citations?view_op=list_works&hl=es&user=HMEBaG8AAAAJ

3 Mg Cambios Globales y Riesgos de Desastres. Corporación Universitaria del Huila. Manizales, Colombia, cacuellar1@corhuila.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-8847-9954>. Google Scholar: https://scholar.google.com/citations?view_op=list_works&hl=en&user=v9IQ3ecAAAAJ

4 Doctora en Desarrollo Sostenible . Universidad Católica de Manizales, Colombia. gyflorez@ucm.edu.co. <https://orcid.org/0000-0003-4185-0178>. Google Scholar: <https://scholar.google.es/citations?user=VQXZYoAAAAAJ&hl=es>

5 Para más detalle sobre los factores condicionantes y el resultado de la susceptibilidad por movimientos en masa, se puede consultar <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/3231>

Para citar este artículo Estepa Camacho, E. J., Montoya Echeverri, C. D., Cuellar Manios, C. A., & Florez Yepes, G. Y. (2024). Análisis de riesgo ambiental y percepción del riesgo por movimientos en masa en la cuenca del río Nuevo Presidente, corregimiento de Las Mercedes– Sardinata y municipio de Tibú en el departamento de Norte de Santander, Colombia. *Revista Luna Azul*, **58**, 155-172. <https://doi.org/10.17151/luaz.2024.58.10>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Código QR del artículo

